

07/2/03

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of : Hubert REMMLINGER, Robert INGENBLEEK,  
Serial no. : Gabriele SCHUWERK and Rolf SCHMITZ  
For : METHOD AND DEVICE FOR MACHINE  
Docket : DIAGNOSIS, ESPECIALLY FOR  
TRANSMISSION DIAGNOSIS  
ZAHFRI P520US

**MAIL STOP PATENT APPLICATION**  
**Commissioner of Patents**  
**P. O. Box 1450**  
**Alexandria, VA 22313-1450**

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY**

Dear Sir:

A claim for priority is hereby made under the provisions of 35 U.S.C. § 119 for the above-identified United States Patent Application based upon German Patent Application No. 102 30 759.8 filed July 9, 2002. A certified copy of said German application is enclosed herewith.

In the event that there are any fee deficiencies or additional fees are payable, please charge the same or credit any overpayment to our Deposit Account (Account No. 04-0213).

Respectfully submitted,

  
Michael J. Bujold, Reg. No. 32,018  
~~Customer No. 020210~~  
Davis & Bujold, P.L.L.C.  
Fourth Floor  
500 North Commercial Street  
Manchester NH 03101-1151  
Telephone 603-624-9220  
Facsimile 603-624-9229  
E-mail: patent@davisandbujold.com

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



TS Eingang  
19. Sep. 2002

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 30 759.8  
**Anmeldetag:** 09. Juli 2002  
**Anmelder/Inhaber:** ZF Friedrichshafen AG,  
Friedrichshafen/DE  
**Bezeichnung:** Verfahren und Einrichtung zur Maschinen-  
diagnose und insbesondere zur Getriebe-  
diagnose  
**IPC:** G 01 M 13/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 12. September 2002  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident  
Im Auftrag

Jerofsky

Verfahren und Einrichtung zur Maschinen-  
diagnose und insbesondere zur Getriebediagnose

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur  
Maschinendiagnose und insbesondere zur Getriebediagnose für  
eine Maschine bzw. ein Kraftfahrzeug gemäß dem Oberbegriff  
des Patentanspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung  
eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Bei modernen Maschinen und Nutzfahrzeuggetrieben wird  
heutzutage eine Lebensdauerbefüllung mit Maschinenöl bzw.  
Getriebeöl angestrebt, wobei beispielsweise eine typische  
Kilometerleistung mit einem dieser verwendeten Getriebe in  
15 der Größenordnung von 1 Million Kilometer liegt.

Das Maschinenöl bzw. Getriebeöl dient zur Schmierung  
und Kühlung von sämtlichen Maschinenelementen. Da es nie  
gewechselt wird, ist es hervorragend zur Maschinen- bzw.  
20 Getriebediagnose geeignet, da im Öl im Laufe der Zeit Ab-  
riebpartikel jeglicher Art gespeichert werden. Folglich  
gibt die Analyse des Maschinen- bzw. Getriebeöls Aufschluss  
über den Zustand der Maschine bzw. des Getriebes.

25 Hierbei ist der ferritische Abrieb von besonders gro-  
ßer Bedeutung, da bei nahezu jeder sich anbahnenden Schädi-  
gung z. B. Wälzlagerverschleiß, Pittingbildung in der Ver-  
zahnung bis hin zum Zahnbruch, Planetenträgerbolzenver-  
schleiß usw. ferritischer Abrieb alleine oder in Kombinati-  
30 on mit anderen Verschleißarten (Buntmetallverschleiß, Mo-  
lybdänzerrüttung, etc.) entsteht.

Nach dem Stand der Technik existiert derzeit ein in DE 100 58 844 A1 offenbartes Öldiagnosesystem der Anmelderin, das ferritische Verschleißmetalle mittels eines induktiven Messsystems nachweist. Dieses Messsystem ist in einem ölführenden Kanal eines Getriebes oder einer Maschine eingebaut. Es verwendet eine Primär- und eine Sekundärspule, die jeweils um einen weichmagnetischen Kern gewickelt sind und die an gegenüberliegenden Seiten in dem ölführenden Kanal angeordnet sind. Die Spulenanordnung bildet einen Transformator aus, dessen Eisenkreis zwischen den beiden Spulen aufgetrennt ist. Eine an der Primärspule angelegte Spannung erzeugt einen magnetischen Fluss, welcher in der Sekundärspule eine Gegeninduktionsspannung erzeugt. Die Höhe der Gegeninduktionsspannung ist abhängig vom Kopplungsfaktor der beiden Spulen, welcher wiederum wesentlich von der Anlagerung des ferritischen Abriebs an dem aufgetrennten Eisenkreis abhängt. Damit kann die Änderung der Gegeninduktionsspannung als ein Maß für die Konzentration der ferritischen Abriebpartikel im Getriebeöl verwendet werden.

Ein derartiges Öldiagnosesystem erweist sich aufgrund deren Komplexität und deren hochwertigen Komponenten als kostspielig. Solche Eigenschaften machen jedoch solche Entwicklungen im freien Wettbewerb uninteressant. Darum ist es erforderlich, beständig nach einfachen und kostengünstigen Lösungen zu suchen.

Der vorliegenden Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, ausgehend von dem eingangs erwähnten Stand der Technik ein Verfahren zur Maschinendiagnose und insbesondere zur Getriebediagnose anzugeben, welches die ferritischen Abriebpartikel selektiv erfasst und eine Online-Diagnose

des Maschinen- bzw. Getriebezustandes einfach und kosten-  
günstig ermöglicht. Des weiteren soll eine Vorrichtung zur  
Durchführung des Verfahrens angegeben werden.

5 Die Lösung der vorgenannten Aufgabe erfolgt mit den in  
dem unabhängigen Anspruch 1 angegebenen Merkmalen. Weitere  
vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprü-  
chen angegeben.

Das Messsystem befindet sich in dem hydraulischen  
Kreis innerhalb eines Getriebes. Es wird gebildet aus einer  
Spule, die um einen weichmagnetischen Spulenkern gewickelt  
ist und einer elektronischen Einheit für die Auswertung der  
Spulenspannung und der Spuleninduktivität. Die Spule sitzt  
15 beispielsweise in einem ölführenden Kanal an der Untersei-  
te. Gegenüber der Spule befindet sich ein rotierendes Zahn-  
rad. Die Polflächen des Zahnrades beinhalten die Funktion  
eines Signalgebers, welcher die Induktivität und damit auch  
das Spannungssignal der Spule beeinflusst.

20 Die Spule befindet sich in einem Gehäuse. Hohlräume  
zwischen dem Spulenkern und dem Gehäuse sind mit einer Ver-  
gussmasse gefüllt, wobei für die ferritischen Abriebparti-  
kel zusätzlicher Raum geschaffen wird, indem der weichmag-  
netische Spulenkern den Verguss in der Höhe überragt. Es  
25 entsteht eine ringförmige Vertiefung. Der herausragende  
Spulenkern wirkt als Polfläche, an welcher sich die ferri-  
tischen Abriebpartikel vorwiegend anlagern. Der Abstand  
zwischen den Polflächen der Spule und des Zahnrades bzw.  
30 die Spalthöhe beträgt konstant  $h_0$ .

Eine elektronische Steuereinheit wird mit dem Span-  
nungssignal der Spule gespeist und berechnet deren Induktivität.

vität. Die Änderung des Spannungssignals und der Spuleninduktivität wird als Ma f für die angesammelten ferritischen Abriebpartikel verwendet. Auf diese Weise werden ferritische Abriebpartikel im Getriebeöl detektiert. Damit wird  
5 frühzeitig der Verschle  bei Zahnrädern, Lagern und anderen mechanisch beanspruchten Teilen im Getriebe erkannt. Totalausfälle des Getriebes werden vermieden und hohe Kosten, welche durch die Anschaffung eines neuen Getriebes erzeugt werden, können durch noch mögliche Reparaturen gesenkt werden.

Weitere Vorteile der Erfindung sind:

- die Funktionsweise des Messsystems ist unabhängig vom  
15 Transportfluid;
- die Funktionsweise des Messsystems ist unabhängig vom Kanalquerschnitt;
- die Funktionsweise des Messsystems ist weitgehend unabhängig von der Reynoldszahl und von Lufteinschlüssen  
20 im Transportfluid;
- die Messmethode zeichnet sich aus durch deren Effektivität und deren robuster Konstruktion;
- das Messsystem bietet die Möglichkeit zur Online-Diagnose.

25

Durch die Anlagerung von ferritischen Abriebpartikeln verändert sich der magnetische Fluss in der Spule, was wiederum eine Änderung der induzierten Spannung in der Spule hervorruft. Anhand der Spannungs- bzw. Induktivit tskennlinie lässt sich eine Aussage über die angesammelten ferritischen Abriebpartikel machen. Die Auswertung der Spannungs- bzw. Induktionskennlinie ist beispielsweise mit der Festlegung eines Schwellwert des analogen Spannungssignals durch-

führbar. Die Definition eines Schwellwerts des Analogsignals ist abhängig vom verwendeten Messprinzip. Durch kontinuierliches Ansammeln von ferritischen Abriebpartikeln über den Gesamtzeitraum einer Getriebeölbefüllung lässt sich ein 5 akkumulierendes Signal auswerten, bei dem sowohl der Absolutwert als auch dessen Steigung ausgenutzt werden können.

Beispielsweise wird bei einer Überschreitung des Absolutwertes eine Information bereitgestellt, mit der sich eine Überprüfung/Wartung des Getriebes verbinden lässt. Bei der Betrachtung der Steigung bzw. des Gradienten der Spannung- bzw. Induktivitätskennlinie hingegen, werden die Gradienten abhängig von der Zeit und/oder der Laufleistung des Getriebes miteinander verglichen. Ändert sich der Gradient in außerordentlichem Maße wird hier ebenfalls eine 15 Information bereitgestellt, die als Warnung für einen sich anbahnenden Getriebeschaden gewertet wird.

Alternativ kann man das Signal in einem Zeitraum nach 20 einem zuvor durchgeföhrten „Reset“ betrachten. Der Reset entsteht durch Abschalten des Stromes des Elektromagneten, welcher den angesammelten Abrieb daraufhin freigibt. Anschließend kann erneut die Akkumulation der ferritischen Abriebpartikel bis zu einem Schwellwert der Spannung 25 und/oder innerhalb eines festgelegten Zeitraums gemessen werden. Die Sensitivität des Sensors wird mit diesem Verfahren größer.

Ferner lassen sich Zwischenergebnisse einer Anzahl von vorangegangenen Messungen in einem nichtflüchtigen Speicher 30 ablegen, dessen Werte eine Statistik bzw. Mittelung und Bewertung der chronologischen Reihenfolge zulassen.

Unterschiedliche Verfahren zur Auswertung des Meßsignals sind somit denkbar, die mit dieser Art von Sensor realisiert werden können.

5 Eine besonders vorteilhafte Ausführung der Erfindung ist die Verwendung eines bereits vorhandenen Drehzahlmess-sensors, welcher derart modifiziert wird, dass sich die ferritische Abriebpartikel an den Polflächen der Spule an-lagern.

15 Dieses Ausführungsbeispiel hat den Vorteil das die Kosten gesenkt werden, da schließlich ein bereits vorhandener Sensor mit der erfindungsgemäßen Eigenschaft ausgerüs-tet wird. Ein weiterer Vorteil ist die Platz- und Gewichts-ersparnis durch die Benutzung eines einzigen Sensors für mehrere Anwendungen.

20 Weitere Vorteile ergeben sich aus dem in der Figur ge-zeigten Ausführungsbeispiel. Die Figur zeigt den schemati-schen Aufbau und die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Messsystems. Dargestellt ist ein Längsschnitt durch ein  
25 Teilstück eines ölführenden Kanals 9 in einem Getriebe. Der Kanalquerschnitt kann beliebig ausgeführt sein. Die Funkti-on des Messsystems wird dadurch nicht beeinträchtigt. Der Ölstrom 10, der im Kanal 9 fließt, ist mit ferromagneti-schen Partikeln, überwiegend Eisen- bzw. Stahlpartikel, den ferritischen Abriebpartikeln 3 verunreinigt. Die örtliche  
30 Verteilung dieser Partikel ist für die Funktion des Mess-system unerheblich, da das Messsystem eine einstellbare Fangwirkung auf die Partikel ausübt. Die Fangwirkung geht von einer bestromten Spule 2 aus, welche um einen weichmag-netischen Kern 11 gewickelt ist. Die bestromte Spule 2 wirkt wie ein Permanentmagnet, welche die ferritischen Ab-

riebpartikel 3 aus dem Ölstrom 10 filtert. Einstellbar ist die Fangwirkung über die Windungszahl N der Spule 2, der verwendeten Materialen und der Höhe des durch die Spule 2 fließenden elektrischen Stromes. Durch die Einstellungsmöglichkeit dieser Parameter kann das Messsystems auf unterschiedliche Umgebungsbedingungen (Kanalquerschnitt, Grad der Verunreinigung und Fließgeschwindigkeit des Öls) angepasst werden.

Die Spule 2 befindet sich an der Unterseite des ölführenden Kanals 9. Gegenüber der Spule 2 ist ein rotierendes Zahnrad 6 angeordnet. Der Abstand zwischen den Polflächen des Spulenkerns 11 und des Zahns 7 bzw. die Spalthöhe beträgt konstant  $h_0$  5. Die Induktivität der Spule 2 wird durch das gegenüberliegende Zahnrad 6 beeinflusst. Befindet sich ein Zahn direkt über der Spule 2, erfährt das Messsystem eine maximale Änderung des Spannungssignals der Spule. Aufgrund der Rotation des Zahnrades 6 hat das Spannungssignal der Spule 2 einen impulsartigen Verlauf. Auf diese Weise kann durch Zählung der Impulse die Drehzahl des Zahnrades 6 bestimmt werden. Lagern sich ferritische Abriebpartikel 3 an den Polflächen des Spulenkerns, aufgrund seiner magnetischen Fangwirkung ab, wird die Induktivität der Spule 2 ebenfalls verändert. Diese Änderung wird in der elektronischen Einheit ECU 8 erfasst und ausgewertet. Die Änderung des Spannungssignals der Spule 2 aufgrund der ferritischen Abriebpartikel 3 ist rechnerisch dadurch zu ermitteln, dass der konstante impulsartige Verlauf, welcher von der Rotationsbewegung des Zahnrades 6 erzeugt wird, als eine Art „Offset“ unterlegt wird. Die Abweichung von dem „Offset“ ist auf die Anlagerung von ferritischen Abriebpartikel 3 zurückzuführen und ist damit zur Verwendung als Maß für die angesammelten ferritischen Abriebpartikel 3 geeig-

ZF FRIEDRICHSHAFEN AG  
Friedrichshafen

Akte 8413 Z  
TS sk  
2002-07-05

8

net. Auf diese Weise können ferritische Abriebpartikel 3 im Getriebeöl gefiltert und detektiert werden und zur Früherkennung von sich anbahnenden Getriebeschäden dienen.

Bezugszeichen

- 1 Polfläche Spulenkern
- 5 2 Spule
- 3 Ferritische Abriebpartikel
- 4 Verguss
- 5 Spalthöhe  $h_0$
- 6 Zahnrad
- 7 Polfläche Zahnrad
- 8 ECU elektronische Einheit
- 9 Ölführender Kanal
- 10 Ölstrom
- 11 Spulenkern

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Maschinendiagnose und insbesondere  
5 zur Getriebediagnose mittels der Analyse des Maschinen-  
bzw. Getriebeöls und insbesondere zur Detektierung von fer-  
ritischen Abriebpartikel (3), dadurch ~~gekenn-~~  
10 ~~zeichnet~~, dass ein Messsystem mit einer Spule (2)  
verwendet wird, dessen Ausgangssignal ein Maß für den Zu-  
stand der Maschine bzw. Getriebe ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch ~~gekenn-~~  
15 ~~zeichnet~~, dass die Induktivität der Spule (2)  
mittels einer der Spule (2) gegenüberliegenden Elementes  
beeinflusst wird, wobei die Spule (2) an der Unterseite in  
einem ölführenden Kanal (9) einer Maschine bzw. Getriebe  
eingebaut ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch ~~gekenn-~~  
20 ~~zeichnet~~, dass das der Spule (2) gegenüberliegen-  
de Element ein Zahnrad (6) ist.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüchen,  
dadurch ~~gekennzeichnet~~, dass die Spule (2)  
25 wie ein Fangmagnet wirkt, welcher eine magnetische Fluss-  
dichte über den Querschnitt des ölführenden Kanals (9) hin-  
weg erzeugt, und dadurch die Anlagerung der zu detektieren-  
den ferritischen Abriebpartikel (3) an der Spule (2) be-  
wirkt.

30 5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüchen,  
dadurch ~~gekennzeichnet~~, dass die Anlage-  
rung der ferritischen Abriebpartikel (3) auf der Oberfläche

der Spule (2) deren Induktivität und damit dessen Ausgangs-  
signal verändert und diese Veränderung von einer elektroni-  
schen Einheit (8) erfasst und ausgewertet wird.

5 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüchen,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Effekti-  
vität und Empfindlichkeit des Messsystems mittels Größe des  
durch die Spule (2) fließenden elektrischen Stromes, Mate-  
rialauswahl und Windungszahl der Spule (2) einstellbar ist  
und damit das Messsystem an unterschiedliche Umgebungen  
adaptierbar ist.

15 7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüchen,  
dadurch gekennzeichnet, dass das Messsys-  
tem außerdem eine Drehzahl des der Spule (2) gegenüberlie-  
gendes Elementes aufnimmt.

20 8. Vorrichtung zur Maschinendiagnose und insbesondere  
zur Getriebediagnose mittels der Analyse des Maschinen-  
bzw. Getriebeöls und insbesondere zur Detektierung von fer-  
ritischen Abriebpartikel (3), dadurch gekenn-  
zeichnet, dass an der Unterseite eines ölführen-  
den Kanals (9) eine auf einem Spulenkern (11) gewickelte  
Spule (2) angeordnet ist, auf dessen Oberfläche sich die zu  
25 detektierenden ferritischen Abriebpartikel (3) anlagern,  
wobei die ferritischen Abriebpartikel (3) die Induktivität  
und damit das Ausgangssignal der Spule (2) beeinflussen,  
welches damit ein Maß für den Zustand der Maschine bzw. des  
Getriebes ist.

30

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass gegenüber der Spule (2)  
ein Element angeordnet ist, welches die Induktivität der

Spule (2) derart beeinflusst, so dass das Spannungssignal der Spule (2), entsprechend einer Rotationsbewegung des Elementes, Impulse aufweist.

5 10. Vorrichtung nach den Ansprüchen 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Messsystem eine elektronische Einheit (8) beinhaltet, welche das Ausgangssignal der Spule (2) erfasst, wobei das Ausgangssignal wenigstens zwei Informationen beinhaltet,

- eine erste Information in einem impulsartigen Verlauf mit gleichbleibender Amplitudenhöhe und
- eine zweite Information in der Abweichung von dieser Amplitudenhöhe,

wobei die Abweichung von dieser Amplitudenhöhe auf die Anlagerung der ferritischen Abriebpartikel (3) zurückführbar ist und aus dem impulsartigen Verlauf die Drehzahl des Elementes erreichbar ist.

15

Zusammenfassung

5 Verfahren und Einrichtung zur Maschinen-  
diagnose und insbesondere zur Getriebediagnose

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Maschinendiagnose und insbesondere zur Getriebediagnose für eine Maschine bzw. ein Kraftfahrzeug. Das erfindungsgemäße Messsystem beinhaltet einen auf einem Spulenkern (11) gewickelte Spule (2), auf dessen Oberfläche sich die zu detektierende ferritischen Abriebpartikel (3) anlagern. Gegenüber der Spule (2) ist ein rotierendes Zahnrad (6) angeordnet, welches die Induktivität der Spule (2) beeinflusst. Das Ausgangssignal der Spule (2) weist Impulse mit gleichbleibender Amplitude auf, deren Frequenz von der Rotationsgeschwindigkeit des Zahnrades (6) abhängt. Abweichungen in der Amplitudenhöhe sind auf die Anlagerung von ferritischen Abriebpartikel (3) an der Spule (2) zurückführbar und daher ein Maß für den Zustand der Maschine bzw. des Getriebes.

20 Figur

ZF 8413 Z

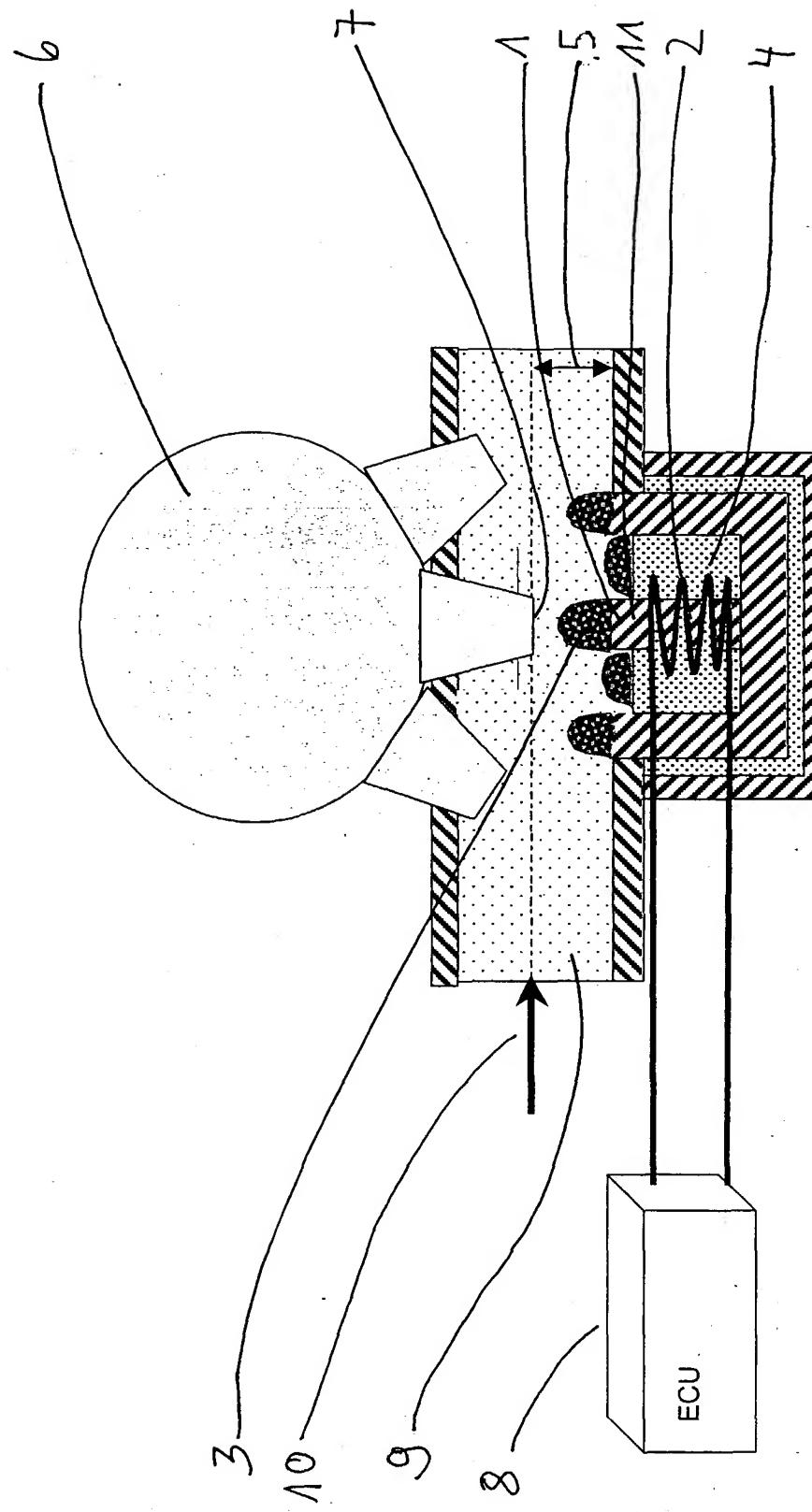


Fig.